

«ДАРЫН» РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫ
ФИЗИКА ПӘНІ БОЙЫНША РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ОЛИМПИАДАНЫҢ ТӨРТІНШІ
(ҚОРЫТЫНДЫ) КЕЗЕҢІ (2022-2023 ОҚУ ЖЫЛЫ)
10 сынып, 1 тур

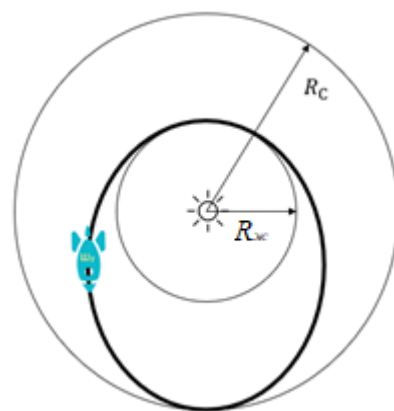
Жұмыс уақыты: 4 сағат

Есеп_1. «Қоспа» [10.0 ұпай]

Бұл есеп бір-бірінен тәуелсіз үш бөлімнен тұрады.

1.1- бөлім. “Шу” зымыранының ұшуы (4,0 ұпай)

Физик Нұрдаулет Қазғарышта жұмыс істейді және “Шу” зымыранының, жер маңындағы орбитадан Сатурн орбитасына жақын, дөңгелек орбитаға ұшуы үшін қажетті есептеулер жүргізеді. Нұрдаулеттің есептеулері бойынша “Шу” бұл ауысуды, оң жақтағы суретте қою кара сызықпен көрсетілген эллипстік орбита арқылы жүзеге асырады. Бұған, Жер орбитасының маңында жылдамдықтың бастапқы Δv_1 өзгерісі, одан кейін Сатурн орбитасының маңында жылдамдықтың Δv_2 екінші өзгерісі арқылы, қол жеткізуге болады. (Есептеулер бойынша жылдамдықтардың бұл өзгерістері лездік импульстер есебінен туындайды. Лездік импульстер орын алған кезде зымыран массасының өзгерісі ескерілмейді). Жер мен Сатурн бір жазықтықта жататын, радиустары сәйкесінше $R_{Ж} = 150 \cdot 10^6$ км және $R_C = 1350 \cdot 10^6$ км болатын дөңгелек орбиталар бойымен қозғалады. Нұрдаулетке келесі шамаларды анықтауға көмектесіңіз:

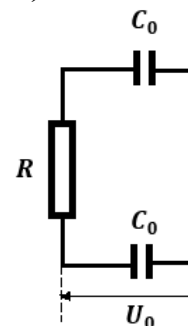


1. Жер мен Сатурнның өз дөңгелек орбиталары бойымен сәйкесінше $v_{Ж}$ және v_C қозғалу жылдамдықтарын.
2. Жердің дөңгелек орбитасынан эллипстік орбитаға өтуге қажетті жылдамдықтың бастапқы Δv_1 өзгеріс шамасын.
3. Эллипстік орбитадан Сатурнның дөңгелек орбитасына өтуге қажетті жылдамдықтың Δv_2 , өзгеріс шамасын.
4. Жерден қозғалысын бастаған зымыран Сатурнға келіп қонады деп есептеп, Күннен өлшенген, Жер мен Сатурн арасындағы бұрыштық қашықтықты.

Күн массасы – $M_S = 2 \cdot 10^{30}$ кг, гравитациялық тұрақты – $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$.

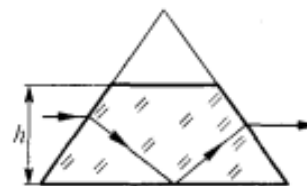
1.2-бөлім. Екі конденсатордың параллель жалғануы (3,0 ұпай)

Екі конденсатор R кедергі арқылы параллель жалғанған (суретті қараңыз). Бастапқы мезетте конденсаторлар жапсарларындағы потенциалдар айырымы 470 В болған. Бір конденсатордың пластинасын 3 с уақытта 1,8 мм қашықтыққа бірқалыпты жылжытады және дәл сондай жылдамдықпен бастапқы күйіне әкеледі. Осы кезде атқарылған механикалық жұмысты анықтаңыз. Конденсаторларды жазық деп есептеңіз, пластиналарының ауданы 400 см^2 , жапсарлар арасындағы қашықтық – 0,6 мм, резистор кедергісі – 25 кОм. Диэлектрик тұрақты $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.



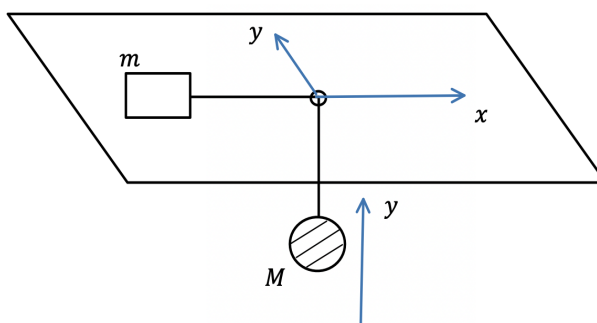
1.3- бөлім. Дове призмасы (3,0 ұпай)

Кескінді кері айналдыру үшін Дове призмасын қолданады. Бұл призма қиылған және теңбүйірлі болып табылады. Призманың биіктігі $h = 2,1$ см, шынының сыну көрсеткіші $n = 1,41$ болатын болса, призма табанының l ұзындығын анықтаңыз. Призма, қимасы максималь жарық шоғырын кері айналдыруы қажет.



Есеп _2 Тривиал есеп [10 ұпай]

Төмендегі суретте, жазықтықтағы кішкене саңылау арқылы бір-бірімен жіппен жалғанған массасы m жүк пен массасы M шариктен тұратын жүйе келтірілген. Үйкелісті мардымсыз аз, жіп созылмайтын, жазықтық горизонталь деп есептеңіз. Еркін түсу үдеуі g .



Аздаған ауытқулар

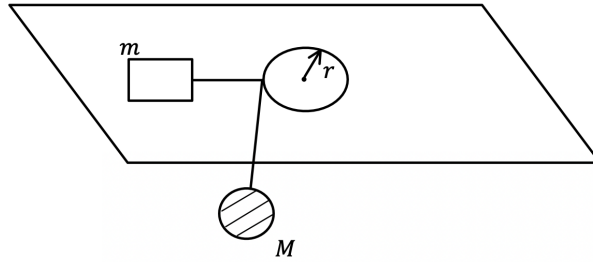
1. Жүк радиусы r_0 шеңбер бойымен қозғалатын болсын. Шарик тепе-теңдік күйінде болған жағдайда, жүк айналуының ω_0 бұрыштық жылдамдығын анықтаңыз.
2. Егер массасы M шарикке вертикаль жоғары бағытталған Δp импульс берілетін болса, онда шарик тербеле бастайды. Шариктің аздаған тербелістерінің T периодын анықтаңыз.
3. Екі объектінің әрқайсысының қозғалыс траекториясын сапалы түрде салыңыз.
4. Суретте көрсетілгендей $x(t)$, $y(t)$ координаталарында әр бір объектінің қозғалыс теңдеулерін анықтаңыз.

Үлкен ауытқулар

- Анағұрлым күшті соққы кезінде бұл жүйенің күйі айтарлықтай өзгерістерге ұшырайды. Массасы M шарикке вертикаль жоғары бағытталған Δp импульс беріледі деп есептеңіз.
5. Қозғалыс кезінде, жүк саңылаудан қандай максималь r қашықтыққа ауытқитынын табыңыз. $r \gg r_0$ деп есептеңіз.
 6. Үстелді жеткілікті түрде үлкен, ал жіпті жеткілікті түрде ұзын деп есептеп, жүк траекториясы, Δp импульс шамасына тәуелсіз түрде, тұйық болатындығын дәлелдеңіз.

Дөңгелек саңылау

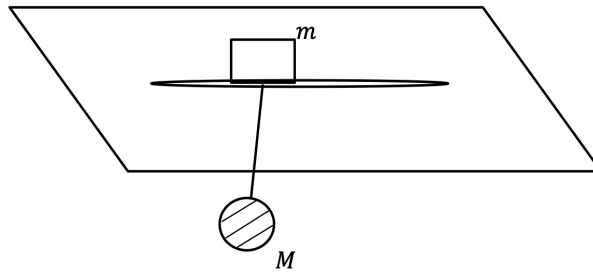
Жоғарыда жазықтықтағы саңылау өте кішкентай деп есептедік. Енді, саңылау, радиусы r болатын дөңгелек, ал жіптің толық ұзындығы L болатын жағдайды қарастыралық. Жүйе ω_0 бұрыштық жылдамдықпен айналады.



7. Жазықтықта орналасқан жіптің ұзындығы уақытқа байланысты өзгермейді деп, осы жіптің l ұзындығын анықтаңыз.
8. Жоғарыдағы шарт орындалуы мүмкін болатын кезде r мен L арасындағы қатынасты табыңыз.

Созыңқы саңылау

Енді саңылау дөңгелек емес, ал төмендегі суретте көрсетілгендей созыңқы деп қарастырайық. Осы кезде жоғарғы жүк тек саңылау бойымен ғана қозғала алады.



9. Жіптің ұзындығын L деп есептеп, осы жүйенің аздаған тербелістерінің периодын анықтаңыз.

Ескерту: $x \ll 1$ кезде $(1 + x)^n \approx 1 + nx$.

Есеп _3 Дыбыстық линза [10 ұпай]

Егер дыбыс көзі мен қабылдауыш арасына гелиймен толтырылған шарды орналастыратын болсақ, онда қабылдағыш тіркеген дыбыс айтарлықтай ақырын болатыны белгілі. Бұл құбылыс қарапайым ауа шарларын қолданғанда байқалмайды. Бұл есепте біз неге олай болатындығына талдау жасаймыз.

Газ ортада дыбыс жылдамдығы келесі түрде есептеле алады:

$$v = \sqrt{\frac{dP}{d\rho}}$$

мұндағы v – дыбыс жылдамдығы, P – газ қысымы, ρ – оның тығыздығы.

1. Дыбыс толқындарындағы газ тербелістері изобаралық, изохоралық, изотермиялық, адиабатты немесе басқа (оны сипаттаңыз) процесс болады ма?
2. 1 пунктте алған өз нәтижеңізді қолданып, идеал газ үшін $\frac{dP}{d\rho}$ оның температурасы арқылы өрнектеңіз.
3. Қалыпты жағдайда көмірқышқыл газындағы және гелийдегі дыбыстың жылдамдығын есептеңіз.
4. Ауа концентрациясы бойынша орта есеппен 78% азоттан және 22% оттегіден тұрады. Қалыпты жағдайда ауадағы дыбыстың жылдамдығын есептеңіз.

Шариктің іші мен сыртындағы дыбыстың жылдамдықтарының айырмашылығына байланысты, дыбыстық толқын оның шекарасында сынады.

5. Дыбыстық толқындар үшін оптикалық аналогияны қолдана отырып, ауаға қатысты көмірқышқыл газының n_{CO_2} салыстырмалы сыну көрсеткішін табыңыз.
6. Дыбыстық толқын шар центріне жақын таралатын болсын. Сыну көрсеткіші n_{CO_2} және радиусы $R = 0,3$ м болатын шардың фокустық арақашықтығын табыңыз. Фокустық арақашықтық – шар центрінен дыбыстық толқындар шоғырланатын нүктеге дейінгі қашықтық.

Осылайша, газбен толтырылған шар жинағыш линза ролін атқара алады, яғни ауа шары фокус маңында дыбыстық «сәулелерді» жинайды және дыбысты айтарлықтай күшейтеді.

7. Гелиймен толтырылған шарды қолданған кезде дыбыстың бәсеңдеуін түсіндіріңіз.
8. Радиусы $R = 0,3$ м болатын гелий шаригі, алыста орналасқан дыбыс көзінен шыққан дыбысты, шар центрінен $L = 1$ м қашықтықтағы тыңдаушыға қанша есе бәсеңдетеді? Дыбыс шағылуы мен дифракциясын ескермеңіз.
9. Жоғарыда 8 пункттен дыбыс интенсивтілігінің айырымын децибельмен есептеңіз. Дыбыс интенсивтілігінің 10 есе өзгерісі 10 децибел айырымға сәйкес келеді.
10. Күкірт гексафторидімен (SF_6) толтырылған шариктің фокустық қашықтығын табыңыз.

Келесі шамалар мен тұрақтыларды белгілі деп есептеңіз: универсал газ тұрақтысы $R = 8,31$ Дж/(моль · К); қалыпты жағдайдағы температура $25^\circ C$; элементтердің молярлық массаларын $M(He) = 4$ г/моль; $M(C) = 12$ г/моль; $M(N) = 14$ г/моль; $M(O) = 16$ г/моль; $M(S) = 32$ г/моль; $M(F) = 19$ г/моль.

**РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ДАРЫН»
ЧЕТВЕРТЫЙ (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ) ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ
ОЛИМПИАДЫ ПО ПРЕДМЕТУ ФИЗИКА (2022-2023 УЧЕБНЫЙ ГОД)
10 класс, 1 тур**

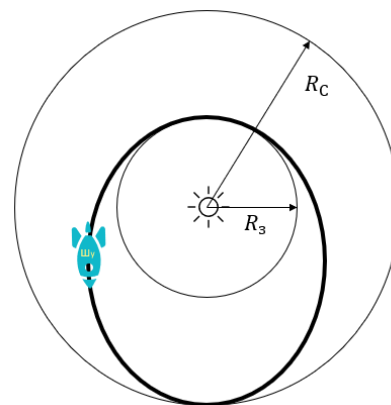
Время работы: 4 часа

Задача_1. «Солянка» [10,0 баллов]

Эта задача состоит из трех независимых частей.

Часть 1.1. Перелет ракеты «Шу» (4,0 балла)

Физик Нурдаулет работает в Казкосмос и проводит необходимые расчеты для перелета ракеты «Шу» с околоземной орбиты на круговую орбиту, близкую к орбите Сатурна. По расчетам Нурдаулета «Шу» совершит этот переход по эллиптической орбите, как показано жирной линией на рисунке справа. Это достигается с помощью начального изменения скорости вблизи орбиты Земли Δv_1 , а затем второго изменения скорости вблизи орбиты Сатурна Δv_2 . (По расчетам эти изменения скоростей вызваны мгновенными импульсами, при которых пренебрегается изменением массы ракеты). Земля и Сатурн движутся по лежащим в одной плоскости круговым орбитам с радиусами $R_3 = 150 \cdot 10^6$ км и $R_C = 1350 \cdot 10^6$ км соответственно. Помогите Нурдаулету найти:

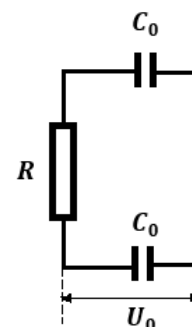


1. Скорости движения Земли v_3 и Сатурна v_C по их круговым орбитам.
2. Величину начального изменения скорости Δv_1 , необходимую для перехода с круговой орбиты Земли на эллиптическую орбиту.
3. Рассчитайте величину изменения скорости Δv_2 , необходимую для перехода с эллиптической орбиты на круговую орбиту Сатурна.
4. Рассчитайте угловое расстояние между Землей и Сатурном, измеренное от Солнца, в момент запуска при условии, что ракета, стартовавшая с Земли, прибывает на Сатурн.

Масса Солнца – $M_s = 2 \cdot 10^{30}$ кг, гравитационная постоянная – $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³ · с⁻² · кг⁻¹.

Часть 1.2 Параллельное соединение двух конденсаторов (3,0 балла)

Два конденсатора соединены параллельно через сопротивление R (см. рисунок). В начальный момент разность потенциалов на обкладках конденсаторов была равна 470 В. Пластины одного из конденсаторов равномерно раздвигают на расстояние 1,8 мм за время 3 с и с той же скоростью приводят в прежнее положение. Определите совершенную механическую работу при этом. Конденсаторы считайте плоскими, площадь пластин равна 400 см², расстояние между обкладками – 0,6 мм, сопротивление резистора – 25 кОм. Диэлектрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.



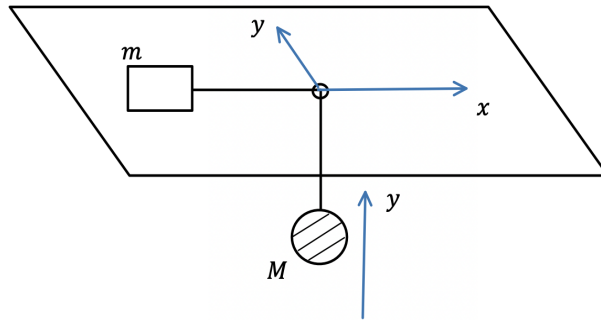
Часть 1.3 Призма Дове (3,0 балла)

Для того, чтобы обратить изображение используют призму Дове, которая является усечённой и равнобедренной. Определите длину l основания призмы, если её высота $h = 2,1$ см, а показатель преломления стекла равен $n = 1,41$. Призма должна обращать пучок света максимального сечения.



Задача_2. Тривиальная задача [10 баллов]

На рисунке ниже представлена система из груза массой m и шарика массой M , соединенных нитью через маленькое отверстие в плоскости. Считайте трение пренебрежимо малым, нить нерастяжимой, а плоскость горизонтальной. Ускорение свободного падения равно g .



Малые отклонения

1. Пусть груз движется по окружности радиуса r_0 . Определите значение угловой скорости вращения груза ω_0 , при которой шарик находится в состоянии равновесия.
2. Если шарик массой M придать небольшой направленный вертикально вверх импульс Δp , то шарик начинает колебаться. Определите период малых колебаний T шарика.
3. Нарисуйте качественно траекторию движения каждого из двух объектов.
4. Определите уравнения движения каждого из объектов в координатах $x(t)$, $y(t)$ как показано на рисунке.

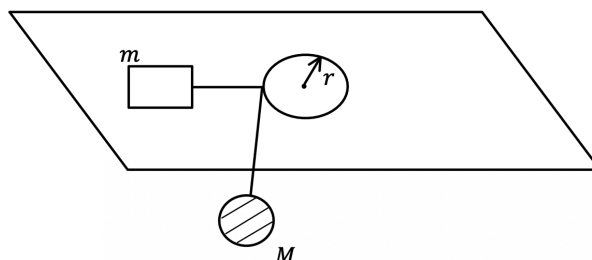
Большие отклонения

При более сильном толчке данная система будет испытывать значительное изменение в состоянии. Считайте, что шарик массы M придают направленный вертикально вверх импульс Δp .

5. Найдите максимальное расстояние r от отверстия, на которое отклонится груз в процессе движения. Считайте, что $r \gg r_0$.
6. Докажите, что вне зависимости от величины импульса Δp траектория груза будет замкнутой, считая стол бесконечно большим, а веревку – достаточно длинной.

Круглое отверстие

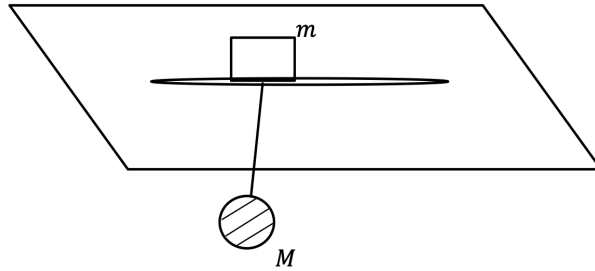
Выше отверстие в плоскости считалось очень малым. Теперь рассмотрим случай, когда отверстие представляет собой круг радиусом r , а полная длина нити равна L . Система вращается с угловой скоростью ω_0 .



7. Определите длину l веревки, которая находится на плоскости при условии, что она не изменяется со временем.
8. Найдите соотношение между r и L , при которых возможно указанное выше условие.

Вытянутое отверстие

Давайте теперь представим, что отверстие не круглое, а вытянуто так, как показано на рисунке ниже. При этом верхний груз может двигаться только вдоль отверстия.



9. Считая длину веревки равной L , определите период малых колебаний данной системы.

Примечание: $(l + x)^n \approx l + nx$, при $x \ll 1$.

Задача 3. Звуковая линза [10 баллов]

Известно, что если поставить наполненный гелием шар между источником и приемником звука, то регистрируемый приемником звук станет заметно тише. При этом, данное явление не наблюдается с обычными воздушными шарами. В этой задаче мы проанализируем, почему это происходит.

Скорость звука в газовой среде может быть рассчитана как:

$$v = \sqrt{\frac{dP}{d\rho}}$$

где v – скорость звука, P – давление газа, ρ – его плотность.

1. Являются ли колебания газа в звуковой волне изобарическим, изохорным, изотермическим, адиабатным или другим (опишите его) процессом?
2. Выразите $\frac{dP}{d\rho}$ для идеального газа через его температуру, используя ваш результат из пункта 1.
3. Рассчитайте скорость звука в углекислом газе и гелии при нормальных условиях.
4. Воздух примерно состоит из 78% азота и 22% кислорода по концентрации. Рассчитайте скорость звука в воздухе при нормальных условиях.

Из-за разницы скоростей звука внутри и снаружи шарика, звуковая волна испытывает на его границе преломление.

5. Используя оптическую аналогию для звуковых волн, найдите относительный коэффициент преломления n_{CO_2} углекислого газа по отношению к воздуху.
6. Пусть звуковая волна распространяется близко к центру шара. Найдите фокусное расстояние шара с показателем преломления n_{CO_2} и радиусом $R = 0,3$ м. Фокусное расстояние – это расстояние от центра шара до точки фокусировки звуковых волн.

Таким образом шар, наполненный газом, может выполнять роль собирающей линзы, то есть воздушный шар будет собирать звуковые «лучи» вблизи фокуса и заметно усиливать звук.

7. Объясните ослабление звука при использовании шаров, наполненных гелием.
8. Во сколько раз гелиевый шарик радиусом $R = 0,3$ м ослабляет звук от далёкого источника звука для слушателя на расстоянии $L = 1$ м от центра шара? Отражением звука и его дифракцией пренебречь.
9. Вычислите разность интенсивности звука из пункта 8 в децибелах. Изменение интенсивности звука в 10 раз соответствует разнице в 10 децибел.
10. Найдите фокусное расстояние шарика, наполненного гексафторидом серы (SF_6).

Считайте известными следующие величины и постоянные: универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль · К); температура при нормальных условиях 25°C ; молярные массы элементов $M(He) = 4$ г/моль; $M(C) = 12$ г/моль; $M(N) = 14$ г/моль; $M(O) = 16$ г/моль; $M(S) = 32$ г/моль; $M(F) = 19$ г/моль.